



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 34 06 175.4
㉔ Anmeldetag: 21. 2. 84
㉕ Offenlegungstag: 29. 8. 85

DE 3406175 A1

⑦① Anmelder:
Schumacher KG, 6000 Frankfurt, DE

⑦② Erfinder:
Schumacher, Ernst, 6000 Frankfurt, DE

Behördeneigentum

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥④ Spektralmeßkopf

Die üblichen Spektralphotometer sind meist als Stand- oder Tischgeräte gebaut und arbeiten mit sukzessiver Erfassung der aufeinanderfolgenden spektralphotometrischen Werte.

Der erfindungsgemäße, mit mindestens 8 Schmalband-Interferenzfiltern ausgerüstete Spektralmeßkopf ist vielseitig für Auflicht- und Durchlicht-Messung einsetzbar, wobei die spektralphotometrischen Werte simultan erfaßt werden. Die Simultanmessung bei hoher spektraler Auflösung wird durch ein Strahlenverzweigungssystem ermöglicht, das zur Erzielung eines hohen lichttechnischen Wirkungsgrads unter Mitverwendung von Interferenz-Farbtellern aufgebaut ist. Eine Beeinträchtigung der Funktion durch die bei Interferenz-Farbtellern auftretende nicht ausnutzbare spektrale Übergangszone zwischen maximaler Reflexion und maximaler Transmission wird erfindungsgemäß dadurch vermieden, daß das von der achromatischen Lese-Optik kommende Lichtbündel zunächst durch einen aselectiven Strahlungsteiler in zwei Teilbündel vergabelt wird, denen die Farbteller und Interferenzfilter wechselweise zugeordnet sind; innerhalb jedes Teilbündels ist daher ein für die Interferenz-Farbteller ausreichendes spektrales Intervall von einer zur nächsten Meß-Wellenlänge gegeben.

DE 3406175 A1

A N S P R Ü C H EAnspruch 1

Spektralmeßkopf in kompakter Bauweise zur simultanen Erfassung der von beleuchteten oder durchleuchteten Meßobjekten ausgehenden Strahlung in mindestens 8 Wellenlängenbereichen mit Hilfe von mindestens 8 Fotoempfängern und diesen vorgeschalteten Interferenzfiltern sowie eines unter Mitverwendung von Interferenz-Farbteilern aufgebauten Strahlen-Verzweigungssystems,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß zwecks Maximierung des lichttechnischen Wirkungsgrads des Strahlenverzweigungssystems in den Fällen, in denen das spektrale Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Meß-Wellenlängen kleiner ist als das spektrale Intervall zwischen der Zone hoher Reflexion und der Zone hoher Transmission der Interferenz-Farbteiler, das von der aus mindestens zwei achromatischen Linsengliedern bestehenden Lese-Optik gebildete Strahlenbündel durch einen aselektiven Strahlungsteiler (Neutral-Lichtteiler) 4 in die Strahlenbündel A und B vergabelt wird, deren weitere Verzweigungen in bekannter Weise mit Hilfe von Interferenz-Farbteilern bewirkt werden, mit der Maßgabe, daß die nicht ausnutzbaren spektralen Übergangszonen zwischen maximaler Reflexion und maximaler Transmission der im Bündel A eingeschalteten Interferenz-Farbteiler mit voll ausnutzbaren spektralen Reflexions- und Transmissions-Zonen der im Bündel B eingeschalteten Farbteiler zusammenfallen, und daß umgekehrt nicht ausnutzbare spektrale Übergangszonen der im Bündel B eingeschalteten Farbteiler mit voll ausnutzbaren spektralen Reflexions- und Transmissions-Zonen der im Bündel A eingeschalteten Farbteiler übereinstimmen.

Anspruch 2

Spektralmeßkopf nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß ein auf die Rückfläche des Meßkopf-Körpers aufschraubbarer, lichtdicht abschließender metallischer Deckel 34 eine mit den notwendigen elektronischen Bauelementen bestückte Leiterplatte 32 umschließt, die auf der dem Meßkopf-Körper zugewandten Seite die mindestens 8 Fotoempfänger trägt, und daß für die zur lotrechten Beaufschlagung der in die Rückfläche des Meßkopf-Körpers eingesetzten Fotoempfänger erforderliche 90°-Umlenkung der Endabschnitte der mindestens 8 Strahlenbündel, soweit die Umlenkung nicht direkt durch die Farbteiler bewirkt wird, zusätzliche Umlenkspiegel eingebaut sind.

Anspruch 3

Spektralmeßkopf nach Ansprüchen 1 und 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß zwecks Schaffung einer Kontrollmöglichkeit hinsichtlich der Position des Meßfelds in der optischen Achse der Lese-Optik einer der Umlenkspiegel durch einen Neutral-Lichtteiler oder Farbteiler ersetzt wird, und daß die von diesem Teiler durchgelassene Strahlung auf eine versenkt in die Stirnseite des Meßkopf-Körpers eingebaute Visierscheibe fällt, die bei Nichtbenutzung durch einen lichtdichten Deckel abzuschließen ist.

Anspruch 4

Spektralmeßkopf nach Anspruch 1, mit seitlich angebauter, Meßlichtquelle und Projektions-Optik sowie Zusatzeinrichtungen wie Justier- und Filtereinrichtungen umfassender Beleuchtungseinrichtung für Auflicht-Messungen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Projektions-Optik aus mindestens 2, vorzugsweise 3 oder 4 achromatischen Linsengliedern besteht.

B E S C H R E I B U N G

Spektralphotometer dienen der Erfassung der Spektralcharakteristik der Meßobjekte. Die heute üblichen Geräte sind als Stand- oder Tischgeräte ausgeführt, vielfach mit integriertem Rechner/Plotter. Sie arbeiten vorzugsweise mit Prismen- oder Gitter-Monochromatoren, zum Teil jedoch auch mit Sätzen auswechselbarer Interferenz-Farbfiler oder mit Interferenz-Verlauffiltern. Die Meßwert-Erfassung erfolgt sukzessiv.

Es ist auch bereits vorgeschlagen worden, zum Zwecke der Simultan-Messung faseroptische Bauelemente, z.B. mehrteilige Glasfaser-Lichtleiter, einzusetzen, um den hinter Farbfilern angeordneten Foto-Empfängern jeweils Teile des von der Probe kommenden Meßlichts zuzuleiten; bei derartigen Anordnungen wird allerdings meist nur ein geringer lichttechnischer Wirkungsgrad erzielt.

Außerdem ist es bekannt, z.B. bei Geräten für das "Dreibereichs-Meßverfahren" sowie bei Geräten für die Farbfernseh-Aufnahme Interferenz-Farbteilerspigel anzuwenden. In neuerer Zeit werden auch für Scanner, die zur Erzeugung von Farbauszügen verwendet werden, Interferenz-Farbteiler eingesetzt: so ist z.B. durch die US-PS 41 80 330 ein mit Interferenz-Farbteilern arbeitender Scanner-Lesekopf zur gleichzeitigen Beaufschlagung von 8 hinter Interferenzfiltern angeordneten Fotoempfängern bekanntgeworden; die Maximaltransmission dieser Filter liegt bei den Wellenlängen 420nm, 460nm, 500nm, 540nm, 580nm, 620nm, 660nm, 700nm; das Stufen-Intervall beträgt somit 40nm; die Halbwertsbreite der Filter wird mit +/- 20nm angegeben.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen vielseitig einsetzbaren, kompakt gebauten, sowohl selbständig für Auflicht-Messungen als auch in Verbindung mit Geräten und Maschinen für Auflicht- und Durchlicht-Messungen verwendbaren Spektralmeßkopf für simultane Messungen im sichtbaren Spektralgebiet und im nahen Infrarot zu schaffen, bei dem eine gegenüber dem oben angeführten Beispiel wesentlich erhöhte spektrale Auflösung bei hohem lichttechnischem Wirkungsgrad erzielt wird.

Es ist klar, daß die Erzielung einer hohen spektralen Auflösung die Anwendung von entsprechend schmalbandigen Interferenzfiltern erfordert. Sie werden z.B. für Anwendungen in der Drucktechnik sowie in der chemischen Analysetechnik bevorzugt. Für solche Anwendungen stehen z.B. Interferenz-Linienfilter zur Verfügung, für die im Spektralbereich von 400 bis 699nm eine Halbwertsbreite von 9 - 14nm, eine Zehntelwertsbreite von max. 25nm und eine Tausendstelwertbreite von max. 84nm angegeben wird, was Messungen mit Filtern, deren Wellenlängen-Intervall ca. 30nm beträgt, ohne weiteres ermöglicht.

Schwierigkeiten ergeben sich jedoch bei derart kleinen Wellenlängen-Intervallen bei Anwendung des bekannten Systems der Strahlengang-Verzweigung mit hintereinandergeschalteten Interferenz-Farbteilern: aus physikalischen Gründen hat nämlich die nicht voll ausnutzbare spektrale Übergangszone zwischen maximaler Reflexion und maximaler Transmission eine bei einzelnen Farbteilern unterschiedliche spektrale Bandbreite von mindestens 35nm. Mit Rücksicht auf die angestrebte hohe Lichtausbeute und mögliche Auswirkungen von Fertigungstoleranzen der Farbteiler erscheint die Anwendung des bekannten Farbteilersystems bei relativ geringen Wellenlängen-Intervallen der T_{\max} -Gebiete der Meßfilter unzweckmäßig.

Diese Schwierigkeit wird bei dem Strahlenverzweigungssystem des erfindungsgemäßen Meßkopfs dadurch überwunden, daß das von der aus mindestens 2 achromatischen Linsengliedern bestehenden Lese-Optik gebildete Strahlenbündel durch einen aselektiven Strahlungsteiler (Neutral-Lichtteiler) in die Strahlenbündel A und B vergabelt wird, deren weitere Verzweigungen dann in bekannter Weise mit Hilfe von Interferenz-Farbteilern bewirkt werden, mit der Maßgabe, daß die nicht ausnutzbaren spektralen Übergangszonen zwischen maximaler Reflexion und maximaler Transmission der im Bündel A eingeschalteten Interferenz-Farbteiler mit voll ausnutzbaren spektralen Reflexions- oder Transmissionszonen der im Bündel B eingeschalteten Farbteiler zusammenfallen, und umgekehrt nicht ausnutzbare spektrale Übergangszonen der im Bündel B eingeschalteten Interferenz-Farbteiler mit voll ausnutzbaren spektralen Reflexions- und Transmissionszonen der im Bündel A eingeschalteten Interferenz-Farbteiler übereinstimmen.

Zur Realisierung der aselektiven, also Wellenlängen-unabhängigen ersten Strahlungsteilung sind verschiedene Mittel einsetzbar: besonders vorteilhaft sind Neutral-Lichtteiler auf dünnen, rückseitig entspiegelten Glasplatten mit einem Verhältnis der Reflexion zur Transmission von 1 : 1 bei Winkelstellung von 45° zur optischen Achse der Lese-Optik. Auch sog. Strahlungsteiler-Würfel können eingesetzt werden. Es ist auch möglich, das Strahlenbündel durch ein unmittelbar hinter der Lese-Optik eingeschaltetes Spiegel- oder Prismensystem direkt zu vergabeln.

Bei einem Spektralmeßgerät, das für vielseitige Anwendung konzipiert ist, muß auch mit Meßaufgaben gerechnet werden, bei denen infolge hoher Absorption des Meßguts die Intensität der auf die Fotoempfänger auftreffenden Strahlung äußerst gering ist. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß infolge der Anwendung der außerordentlich schmalbandigen Interferenz-Linienfilter die die Fotoempfänger erreichende Strahlungsenergie stark reduziert ist.

Es ist daher zweckmäßig, eine Vorverstärkung der sehr schwachen, von den Fotoempfängern gelieferten Signale unmittelbar bei den Fotodioden vorzusehen, sei es durch Bestückung des Geräts mit Fotodioden mit integriertem Vorverstärkersystem oder sei es durch Zuordnung geeigneter Operationsverstärker zu den einzelnen Fotodioden.

Es wurde nun gefunden, unter den gegebenen Umständen ein störungsfreies Messen nur bei hermetischem Lichtabschluß im Bereich der Fotoempfänger und bei Vorhandensein eines geerdeten Metallgehäuses für die am Meßkopf anzubringende Elektronik möglich ist. Die Erfüllung dieser Forderung wiederum macht eine Ergänzung des optischen Strahlengangs erforderlich.

Die erfindungsgemäße Weiterbildung der Ausführungsform des Spektralmeßkopfs ist dadurch gekennzeichnet, daß ein auf die Rückfläche des Meßkopf-Körpers montierbarer, lichtdicht abschließender metallischer Deckel eine mit den notwendigen elektronischen Bauelementen bestückte Leiterplatte umschließt, die auf der dem Meßkopf-Körper zugewandten Seite die mindestens 8 Fotoempfänger trägt, die bei der Montage des Deckels in hülsenartig ausgebildete Filterhalter "eintauchen", und daß für die zur lotrechten Beaufschlagung der in die Rückfläche des Meßkopf-Körpers bzw. in die Filterhülsen eingesetzten Fotoempfänger erforderliche 90° -Umlenkung der mindestens 8 Strahlengänge, soweit sie nicht durch die Farbteiler bewirkt wird, zusätzliche Umlenkspiegel eingebaut sind.

Diese zusätzlichen Umlenkspiegel sind normalerweise Vollspiegel; es besteht jedoch die Möglichkeit, einen der zusätzlichen Umlenkspiegel als Strahlenteiler oder Farbteiler auszubilden, wodurch zwar ein Großteil der Strahlung umgelenkt und durch das Interferenzfilter auf den Fotoempfänger geleitet wird, aber auch ein Teil der Strahlung in der ursprünglichen Richtung parallel zur Rückfläche des Meßkopf-Körpers weiterläuft.

Von dieser Möglichkeit wird nun erfindungsgemäß Gebrauch gemacht, um eine Visiereinrichtung zu schaffen, mit deren Hilfe sich erkennen läßt, ob das intensiv beleuchtete bzw. durchleuchtete Meßfeld sich tatsächlich in der vorgesehenen Sollposition in der optischen Achse der Lese-Optik befindet. Die Visiereinrichtung ist beim erfindungsgemäßen Spektralmeßkopf vor allem deshalb erforderlich, weil dieser auch selbstständig, also ohne Halterung an einem Gerät oder einer Maschine, für freie Auflichtmessungen an beliebigen Objekten verwendbar sein soll. Nach erfolgter Positionskontrolle wird die Einblicköffnung, in die die Visierscheibe versenkt eingebaut ist, jeweils wieder durch einen lichtdichten Deckel verschlossen.

Beim erfindungsgemäßen Spektralmeßkopf führt die Verwendung besonders schmalbandiger Interferenzfilter zwangsläufig zu einer Intensitätsminderung der die Fotoempfänger erreichenden Strahlung, zu deren Kompensation spezielle optische Mittel zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke im Meßfeld herangezogen werden mußten. Überraschenderweise wurde gefunden, daß für die Zwecke der Spektralmessung in einem weiten Spektralbereich die besten Ergebnisse mit einem aus mindestens 3 entspiegelten achromatischen Linsengliedern aufgebauten Projektionsobjektiv erzielt werden; damit wird nicht nur die höchste, alle Farben umfassende Lichtkonzentration im Meßfleck erreicht, sondern es tritt zugleich auch der zur Minimierung der Streulichtbildung wichtige Effekt auf, daß die Beleuchtungsstärke im Umfeld des Meßflecks äußerst gering ist.

Ein solches achromatisches Projektionsobjektiv ist daher in der am erfindungsgemäßen Spektralmeßkopf seitlich unter Zwischenschaltung einer Wärme-Isolierplatte montierten Auflicht-Beleuchtungseinrichtung eingebaut.

Die Figuren 1 - 3 zeigen beispielhaft 2 Varianten des erfindungsgemäßen Spektralmeßkopfs:

Fig. 1 zeigt in Draufsicht einen parallel zur Rückfläche des Meßkopfs in Höhe der optischen Achse gelegten Schnitt durch den blockartig ausgebildeten Meßkopf-Körper;

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Gerätkörper, gelegt in der Linie E - F der Figur 3.

Fig. 3 zeigt eine Variante der Ausführung gemäß Fig. 1.

In Fig. 1 bedeutet 1 den blockartigen Meßkopf-Körper mit der entspiegelten, aus zwei Achromaten bestehenden Lese-Optik 2, deren optische Achse als 3 bezeichnet ist. Das von der Lese-Optik ausgehende Lichtbündel trifft zuerst auf den aselektiven Strahlungsteiler (Neutral-Lichtteiler) 4, der die Vergabelung in das durchgelassene Lichtbündel A und das reflektierte Lichtbündel B bewirkt. 5 ist ein Vollspiegel, der das Lichtbündel umlenkt, 6 und 7 sind Interferenz-Farbteiler, die jeweils Teile des Lichtbündels auf die hinter den Interferenzfiltern 12, 13, 14 stirnseitig am Meßkopf-Körper angeordneten Fotoempfänger 20, 21, 22 gelenkt werden. Das Lichtbündel A gelangt nacheinander zu den Interferenz-Farbteilern 8 und 9; der von diesen Farbteilern durchgelassene Teil des Bündels A erreicht nach Passieren des Filters 19 den Fotoempfänger 27. Der von diesen Farbteilern reflektierte Teil des Bündels A erreicht die Interferenz-Farbteiler 10 und 11, von denen aus das Licht in je zwei Bündeln zu den Filtern 15, 16, 17, 18 und den Fotoempfängern 23, 24, 25, 26 gelangt.

Im vorliegenden Beispiel wird ein Satz von Filtern angenommen, deren Maximal-Transmission bei folgenden Wellenlängen liegen:

440nm, 470nm, 500nm, 530nm, 560nm, 590nm, 620nm, 780nm.

Die Verteilung der Filter auf die Bündel ist wie folgt:

Bündel A		Bündel B	
Filter-Nr.	Tmax-Wellenlänge	Filter Nr.	Tmax-Wellenlänge
15	440nm	12	470nm
16	500nm	13	530nm
17	560nm	14	590nm
18	620nm		
19	780nm		

In Fig. 2, die einen Querschnitt in der Linie E - F der Fig. 3 darstellt, bedeutet 1 wiederum den blockartigen Meßkopf-Körper. 11 zeigt den Spiegel, der in den Figuren 1 und 3 in Draufsicht dargestellt war, von vorn gesehen. Mit 28 ist einer der im blockartigen Meßkopf-Körper verlaufenden, ausgebohrten Licht-Kanäle angedeutet, der in Höhe der optischen Achse parallel zur Vorder- und Rückfläche verläuft und den das von der Lese-Optik gebildete konvergierende Lichtbündel in Pfeilrichtung durchsetzt.

Bei der Meßkopf-Variante gemäß Fig. 1 trifft das Lichtbündel direkt auf das in diesem Lichtkanal eingeschaltete Filter 17 und nach Durchgang durch dieses auf den Fotoempfänger 25; wegen der Nachteile dieser Anordnung, insbesondere hinsichtlich des Lichtabschlusses, wird bei der weitergebildeten Meßkopf-Variante gemäß Fig. 3 eine 90°-Spiegel-Umlenkung für die letzten Abschnitte sämtlicher Lichtbündel vorgesehen, was in der Querschnitt-Darstellung Fig. 2 am Beispiel des auf Filter 17 und Fotoempfänger 25 gerichteten Lichtbündels erläutert: Eine Querboreung 29 im Meßkopf-Körper nimmt dabei die zylindrische Hülse 30 auf, deren unterer Abschnitt präzise im Winkel von 45° zur gedachten Hülseachse abgearbeitet ist, wodurch der Hülsetrand die Form eines elliptischen Rings erhält, auf dem der elliptische Planspiegel 31 z.B. durch Klebung befestigt wird. Die Hülse 30 erlaubt es, durch Drehung oder axiale Verschiebung den Spiegel 31 in die optimale Position im Strahlengang zu bringen.

Das umgelenkte Lichtbündel trifft zunächst auf das Filter 17 und nach Durchgang durch dieses auf den Fotoempfänger 25. Im Abstand von wenigen Millimetern vom Fotoempfänger befindet sich die Leiterplatte 32, die auf entsprechenden Auflagepunkten 33 im Deckel 34 fixiert ist. Der Deckel 34 umgreift mit breiten Überlappungsflächen 35 den Meßkopf-Körper, auf dessen Rückfläche er mit seiner Standfläche 36 fest aufsitzt und durch (nicht dargestellte) Verschraubung sicher fixiert ist, womit unbedingte Lichtdichtheit gewährleistet ist.

Die beiden Anschlüsse des Fotoempfängers 25 sind bei 37 in die Leiterplatte eingelötet, in unmittelbarer Nachbarschaft zum zugeordneten Operationsverstärker 38.

Auf der Leiterplatte befinden sich auch elektronische Bauteile, die eingestellt werden müssen, wofür beispielhaft das Potentiometer 39 eingezeichnet ist. Um derartige Einstellungen auch im Betriebszustand, d.h. bei aufgesetztem Deckel, zu ermöglichen, ist im Mittelfeld des Deckels 34 eine Öffnung 40 vorgesehen, die durch die Deckplatte 41 lichtdicht verschließbar ist.

Die Darstellung des Meßkopfs in Fig. 3 unterscheidet sich gegenüber der Darstellung in Fig. 1 nicht hinsichtlich der Anordnung der Lese-Optik und des gesamten Strahlen-Verzweigungssystems. Lediglich die Filter und Fotoempfänger sind in unterschiedlichen Positionen, wie dies in Fig. 2 erläutert ist. Jeder der in Fig. 3 eingezeichneten Kreise bedeutet somit eine komplette Hülse, bestückt mit elliptischem Umlenkspiegel und Interferenzfilter. Von einer Nummerierung wurde abgesehen.

Fig. 3 zeigt ergänzend die Beleuchtungseinrichtung für Auflichtmessung 42 die unter Zwischenschaltung der Isolierplatte 43 an einer Seite des Meßkopfs angebracht ist. Das Wendelbild der Meßlampe 44, bei der es sich um eine Niedervolt-Halogenlampe handelt, wird über das aus drei Achromaten 45, 46, 47 bestehende Projektionsobjektiv vergrößert auf die Meßfeldebene 48 bzw. das Meßfeld 49 im Schnittpunkt der optischen Achsen von Projektionsoptik und Lese-Optik abgebildet.

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

34 06 175
G 01 J 3/28
21. Februar 1984
29. August 1985

- M. -



